



## رویکردی جدید در پیش‌بینی پذیری قیمت در بازارهای رقابتی انرژی الکتریکی

حبیب رجبی مشهدی

استادیار گروه برق  
h\_mashhadi@um.ac.ir

جواد ساده

استادیار گروه برق  
sadeh@um.ac.ir

امیر احمری نژاد

دانشجوی کارشناسی ارشد برق  
am\_ah70@stu-mail.um.ac.ir

دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد  
ایران

بدیهی است شناخت بیشتر فرآیند می‌تواند در زمینه‌های مختلفی مانند انتخاب روش پیش‌بینی مناسب و برآوردی از حداکثر خطای پیش‌بینی مفید واقع شود. در این مقاله بر پایه تحلیل شاخص پیش‌بینی پذیری ارائه شده، تشخیص یک سری زمانی تصادفی از یک سری غیر تصادفی، بدون در نظر گرفتن توزیع آن امکان‌پذیر می‌شود. سپس با تفکیک قیمت برق به دو بخش عمده (بخشی مرتبط با میزان تقاضای انرژی و بخشی دیگر مرتبط با رفتار شرکت کنندگان<sup>۱</sup>) به تحلیل و مقایسه پیش‌بینی پذیری این دو بخش از قیمت و کل قیمت در ماه‌های مختلف سال پرداخته می‌شود.

**کلمات کلیدی:** بازار برق، پیش‌بینی قیمت برق، شاخص پیش‌بینی پذیری، فرآیند آشوبگونه، نمای هرست.

**چکیده:** در فضای رقابتی صنعت برق و با شکل‌گیری بازارهای مختلف برای انرژی الکتریکی، یکی از مسائل با اهمیت که نقش مهمی را در برنامه‌ریزی شرکت‌های تولیدی، خریداران و بهره‌بردار سیستم ایفا می‌کند مسأله پیش‌بینی قیمت برق می‌باشد. علی‌رغم تحقیقات مختلفی که در زمینه پیش‌بینی قیمت برق<sup>۱</sup> در حال انجام است، مسأله پیش‌بینی پذیری و تحلیل شرایطی که بر این فرآیند تصادفی حاکم است کمتر مورد توجه قرار گرفته است. در این مقاله مسأله پیش‌بینی پذیری<sup>۲</sup> قیمت برق به عنوان یک فرآیند آشوبگونه با نگرشی جدید به سیگنال قیمت برق مورد مطالعه قرار می‌گیرد. در این بررسی هدف این است که با استفاده از یک روش آماری مقاوم<sup>۳</sup> که عمدتاً جهت سنجش میزان نویز در یک الگو به کار می‌رود، شناخت بیشتری از ویژگی‌ها و رفتار فرآیند حاصل شود.

<sup>1</sup> - Electricity Price Forecasting

<sup>2</sup> - Predictability

<sup>3</sup> - Robust Statistic Method

<sup>4</sup> - Participants' behaviors

تحقیقات صورت گرفته در خصوص آزمون پیش‌بینی پذیری یک سیگنال، نوعاً جهت بررسی مسأله پیش‌بینی پذیری سیگنال‌های غیر از سیگنال قیمت برق مثل قیمت سهام شرکت‌ها در بازار سهام مورد توجه واقع بوده است. از جمله مهمترین روش‌هایی که جهت احراز پیش‌بینی پذیری یک فرآیند تا کنون مورد استفاده قرار گرفته است، می‌توان به روش‌های دیاگرام فضای فاز<sup>۶</sup>، نمای لیاپانوف<sup>۷</sup>، بعد همبستگی<sup>۸</sup> و درجه فرکتالی فرآیند اشاره کرد [۱-۲]. در زمینه سیگنال قیمت برق نیز اخیراً در مرجع [۳] یک شاخص کارآمد و مفهومی جهت پیش‌بینی پذیری سیگنال قیمت برق و مقایسه آن با سیگنال تقاضا مطرح شده است. شاخص پیش‌بینی پذیری معرفی شده عبارت است از:

$$I_{X_1, X_2}(m) = \frac{\sum_{K=1}^m \rho_K^2(X_1)}{\sum_{K=1}^m \rho_K^2(X_2)} \quad (1)$$

بر طبق رابطه (۱) هرچه میزان I بیشتر باشد به منزله آن است که پیش‌بینی فرآیند  $X_1$  در مقایسه با فرآیند  $X_2$  آسان‌تر می‌باشد. به عبارت دیگر بزرگتر بودن این شاخص نشانگر وابستگی بیشتر فرآیند  $X_1$  نسبت به گذشته خود در مقایسه با فرآیند  $X_2$  می‌باشد. در این رابطه،  $\rho(X_i)$  ضریب خود همبستگی فرآیند  $i$  ( $i=1,2$ ) و  $m$  تعداد تأخیرهایی است که در مقایسه پیش‌بینی‌پذیری دو فرآیند مورد استفاده قرار گرفته است.

در این مقاله با استناد به تئوری فرآیندهای آشوبگونه<sup>۹</sup> و بر اساس شاخص پیش‌بینی پذیری ارائه شده، تشخیص سری زمانی تصادفی از یک سری غیر تصادفی، بدون در نظر گرفتن توزیع آن امکان‌پذیر می‌شود. در ادامه با معرفی روش تحلیل R/S (یا مقیاس‌بندی مجدد<sup>۱۰</sup>) و روند محاسباتی آن، در نهایت با تفکیک قیمت برق به دو بخش عمده به تحلیل و مقایسه پیش‌بینی‌پذیری رفتار شرکت کنندگان در پیشنهاد قیمت و بخشی از قیمت که

از دیدگاه شرکت کنندگان در بازار، پیش‌بینی قیمت برق از درجه اهمیت بالایی برخوردار است. استراتژی پیشنهاد قیمت<sup>۱</sup> فروشندگان، برنامه مدیریت مصرف خریداران و برآورد بودجه شرکت‌ها از جمله موادی است که نیاز مبرم به پیش‌بینی قیمت برق را از دیدگاه‌های مختلف مورد توجه قرار می‌دهد. در بازه بلندمدت نیز انعقاد قراردادها به پیش‌بینی قیمت برق نیاز دارند. در بازه بلندمدت معمولاً جهت کاهش ریسک در تصمیم‌گیری از قراردادهای مکمل<sup>۲</sup> در افق‌های بلندمدت استفاده می‌شود.

اهمیت پیش‌بینی قیمت برق در بازارهایی که نحوه مناقصه برق آنها به مانند بازار برق ایران بر اساس مناقصه PAB<sup>۳</sup> می‌باشد، نسبت به مناقصه یکنواخت<sup>۴</sup> بسیار بیشتر است. به این دلیل که بر خلاف مناقصه یکنواخت که قیمت تمام شده بازار (MCP<sup>۵</sup>) بطور یکسانی بین برندگان در مناقصه توزیع می‌شود، در مناقصه PAB هر شرکت کننده در مناقصه بازار بر اساس میزان قیمت پیشنهادی خود در صورت برنده شدن وجه دریافت می‌نماید بر این اساس پیش‌بینی قیمت در این نوع مناقصه نقش تعیین کننده‌ای در استراتژی پیشنهاد قیمت خواهد داشت.

نگاهی به پیشینه کوتاه مدت بازارهای رقابتی برق در کشورهای مختلف جهان نشان می‌دهد که قیمت برق در بازارهای مختلف از نوسانات بسیار زیادی برخوردار است و این امر توجه به عوامل تأثیرگذار و نیز بررسی سیگنال قیمت برق را بیش از پیش در درجه اهمیت قرار می‌دهد. برای اندازه‌گیری میزان پیچیدگی فرآیند، میزان اعتماد به پیش‌بینی‌ها و یافتن الگوهایی برای نزدیک شدن به مدل مطلوب، روش‌های تحلیل غیرخطی فرآیندهای سری زمانی بعنوان آزمون پیش‌بینی‌پذیری می‌بایستی برای سری زمانی قیمت برق اعمال شود.

<sup>6</sup> - Phase Space Diagram

<sup>7</sup> - Lyapunov Exponent

<sup>8</sup> - Correlation dimension

<sup>9</sup> - Chaotic

<sup>10</sup> - Rescaled Range Analysis

<sup>1</sup> - Bidding Strategy

<sup>2</sup> - Contract for Difference

<sup>3</sup> - Pay-As-Bid

<sup>4</sup> - Uniform Auction

<sup>5</sup> - Marginal Clearing Price

مرتبط با میزان تقاضا بوده و مقایسه آن با قیمت برق در ماه‌های سال ۲۰۰۴ از بازار برق New England پرداخته می‌شود.

## ۲- پیش‌بینی پذیری قیمت برق در بازار رقابتی

علی‌رغم تحقیقات مختلفی که در زمینه پیش‌بینی قیمت برق در حال انجام است، مسأله پیش‌بینی پذیری و تحلیل شرایطی که بر این فرآیند حاکم است کمتر مورد توجه قرار گرفته است. در این بین با بررسی تحقیقات صورت گرفته در زمینه پیش‌بینی پذیری قیمت سهام در بازارهای مختلف، نتایج مهمی در خصوص انتخاب بهترین روش برای پیش‌بینی قیمت برق بیان می‌گردد.

ناشناخته بودن عوامل تأثیرگذار بر تغییرات قیمت برق همواره دلیلی برای روی آوردن به پیش‌بینی تغییرات قیمت برق بازارهای رقابتی انرژی الکتریکی می‌باشد. پیش‌بینی قیمت برق به کمک کشف الگوهای رفتاری فرآیند مولد برق امکان پذیر است. در واقع فرآیند قیمت برق را می‌توان به عنوان یک سیستم پویا بررسی کرد. فرآیند مزبور ممکن است به صورت سیستم‌های تصادفی، سیستم‌های خطی  $ARIMA$ ، یا سیستم‌های غیرخطی به دست آید.

در سال‌های اخیر روش‌های مختلفی برای بررسی ساختاری سری زمانی قیمت‌های سهام به کار گرفته شده است که یکی از آنها تحلیل  $R/S$  یا مقیاس بندی مجدد حوزه تغییرات سری زمانی قیمت‌هاست.

در بخش بعد، روش تحلیل  $R/S$  در بازار رقابتی برق به کمک بررسی سری‌زمانی قیمت بازار برق New England در سال ۲۰۰۴ میلادی آمده است. نتایج مربوط به این تحلیل در مورد رفتار شرکت کنندگان در این بازار در انتهای این بخش آورده شده است.

## ۳- کاربرد تحلیل $R/S$ در بازار رقابتی برق

بر پایه تحلیل  $R/S$ ، تشخیص یک سری زمانی تصادفی از یک سری زمانی غیر تصادفی، بدون در نظر گرفتن توزیع آن (اعم از گوسی یا غیرگوسی) امکان پذیر می‌شود. تحلیل  $R/S$  یک روش آماری مقاوم است که برای سنجش میزان نویز در یک الگو به کار می‌رود.

جهت بررسی پیش‌بینی پذیری فرآیند  $X_t$ ، با استفاده از تحلیل  $R/S$ ، مقیاس بندی مجدد به ترتیب زیر انجام می‌شود [۴]:  
الف) سری  $X_t$  به طول  $N$  به  $d$  بردار  $n$  تایی تقسیم می‌گردد (لازم به ذکر است که  $n$  مقسوم علیه‌های  $N$  را شامل می‌شود).

ب) برای هر بردار  $n \times 1$ ، از  $m = 1, \dots, d$  داریم:  
۱- میانگین  $(\mu_m)$  و انحراف معیار  $(S_m)$  را برای هر  $m$  محاسبه نموده.

۲- برای  $i = 1, \dots, n$ ، از  $X_{i,m} = Z_{i,m} - \mu_m$ ، سری

زمانی انباشته  $Y_{i,m} = \sum_{j=1}^i X_{j,m}$  را به دست آورده.

۳-  $R_m = \text{Max}\{Y_{1,m}, \dots, Y_{n,m}\} - \text{Min}\{Y_{1,m}, \dots, Y_{n,m}\}$

۴- با به دست آوردن مقیاس بندی مجدد  $R_m / S_m$ ، مقدار متوسط مقیاس بندی مجدد بردارهای  $n$  بعدی عبارت است از:

$$(R/S)_n = \frac{1}{d} \sum_{m=1}^d \frac{R_m}{S_m} \quad (2)$$

چنانچه پیداست، در تحلیل  $R/S$ ،  $(R/S)_n$  نمایانگر تفاوت بین بیشترین و کمترین انحراف انباشته از میانگین سری زمانی مفروض، و تابعی از تعداد مشاهدات ( $n$ ) است. از سوی دیگر بر پایه یک قانون تجربی اثبات شده که می‌توان نوشت [۵]:

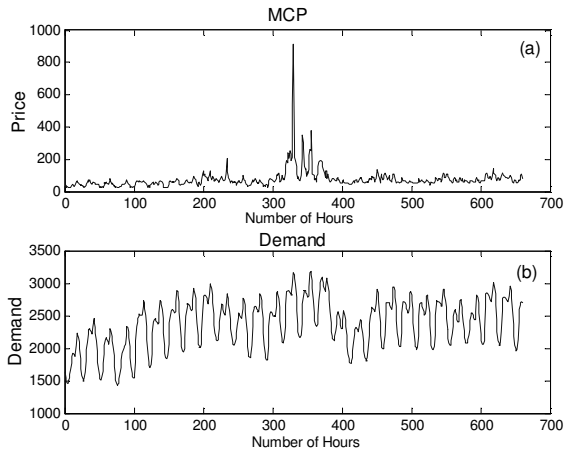
$$(R/S)_n = n^H \quad (3)$$

در این رابطه،  $H \in [0,1]$  و به ازای مقادیر مختلف  $n$  اینگونه به دست می‌آید:

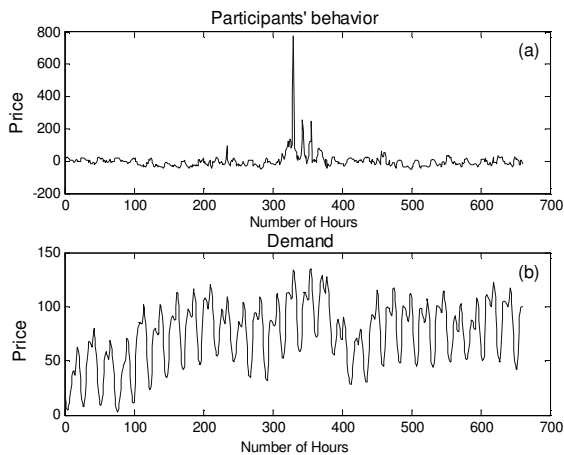
$$H = \text{Log}(R/S)_n / \text{Log}(n) \quad (4)$$

<sup>2</sup> - Cumulative

<sup>1</sup> - Auto Regressive Integrated Moving Average



شکل (۱): (a) قیمت برق و (b) تقاضا در ماه ژانویه سال ۲۰۰۴



شکل (۲): (a) مولفه‌های قیمت. (b) مولفه مربوط به رفتار شرکت‌کنندگان و مولفه مربوط به تقاضا، در ماه ژانویه سال ۲۰۰۴

از طرفی شکل ۳ مقادیر  $\log(R/S)_n$  به ازای تغییرات  $\log(n)$  بر پایه تحلیل  $R/S$  برای هر سه سیگنال قیمت واقعی و دو مولفه قیمت برق در ماه ژانویه را نشان می‌دهد. به همین ترتیب مقادیر متناظر با نمای هرست ( $H$ ) به ازای تغییرات  $n$  در همین ماه در شکل ۴ آورده شده است.

$H$  را نمای هرست<sup>۱</sup> نیز می‌نامند. نمای هرست همانندی دو پیشامد متوالی را نشان می‌دهد. برآورد  $H$  به کمک محاسبه شیب منحنی  $\log(R/S)_n / \log(n)$  و با استفاده از روش رگرسیون در حوزه تغییرات  $n$  به دست می‌آید. بیشترین مقدار به دست آمده نمایانگر میانگین دوره گردش متناوب<sup>۲</sup> الگوست [۵]. در بررسی صورت گرفته در ادامه به نتایج حاصل از شبیه‌سازی بر اساس تحلیل نمای هرست پرداخته می‌شود.

نگرش این بررسی به سیگنال قیمت برق در فضای رقابتی انرژی الکتریکی بر مبنای تفکیک قیمت برق به دو قسمت عمده می‌باشد. یکی قسمتی که به میزان تقاضا در همان دوره بستگی دارد و دیگری بخشی که مربوط به رفتار شرکت‌کنندگان در بازار می‌باشد. بر این اساس با استفاده از رابطه (۵)، بخشی از قیمت برق که مربوط به میزان تقاضا می‌باشد مدل گردیده که نهایت آنچه که باقی می‌ماند معرف رفتار شرکت‌کنندگان در بازار است.

$$p_t = \mu_{p_t} + \frac{\text{cov}(p_t, D_t)}{\sigma_{D_t}^2} \cdot (D_t - \mu_{D_t}) \quad (5)$$

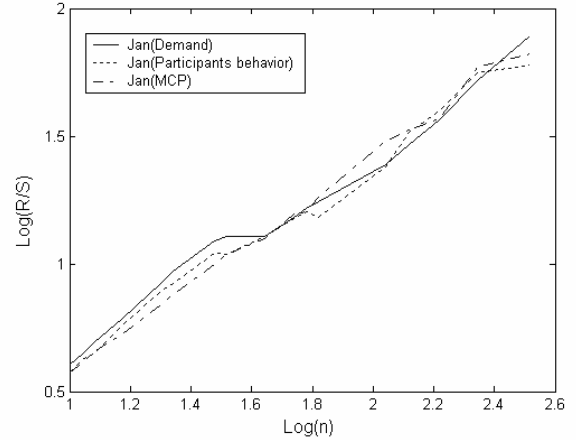
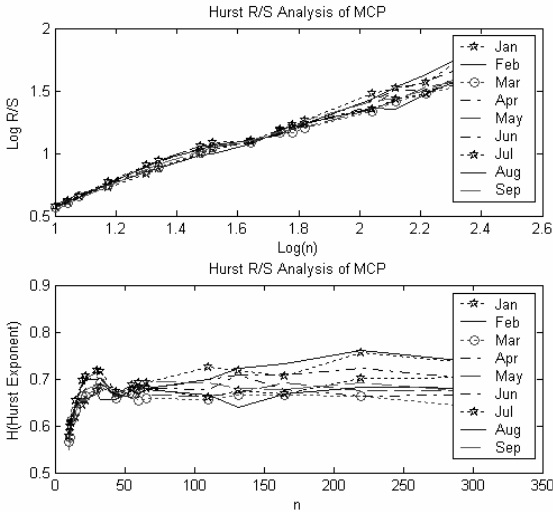
در رابطه فوق،  $p_t$  و  $D_t$  به ترتیب قیمت برق و میزان تقاضا در ساعات یک ماه،  $\mu_{p_t}$ ،  $\mu_{D_t}$ ،  $\text{cov}(p_t, D_t)$  و  $\sigma_{D_t}^2$  به ترتیب میانگین قیمت برق، تقاضا، کوواریانس بین قیمت برق و تقاضا و انحراف معیار میزان تقاضا در آن ماه می‌باشند. جهت اثبات این موضوع که اهمیت بسزایی در ایجاد مدل دقیق در پیش‌بینی قیمت خواهد داشت، از تحلیل  $R/S$  استفاده می‌شود.

در این خصوص از اطلاعات ساعتی واقعی قیمت برق و تقاضا در ۹ ماه اول سال ۲۰۰۴ میلادی بازار *New England* استفاده شده است.

در شکل ۱ سیگنال قیمت برق و میزان تقاضا در ماه ژانویه و در شکل ۲ مولفه‌هایی از قیمت همان ماه که با استفاده از رابطه (۵) به دو بخش عمده یکی مولفه‌ای از قیمت که مربوط به رفتار شرکت‌کنندگان و مولفه‌ای که مربوط به میزان تقاضا در همان ماه می‌باشد ملاحظه می‌شود.

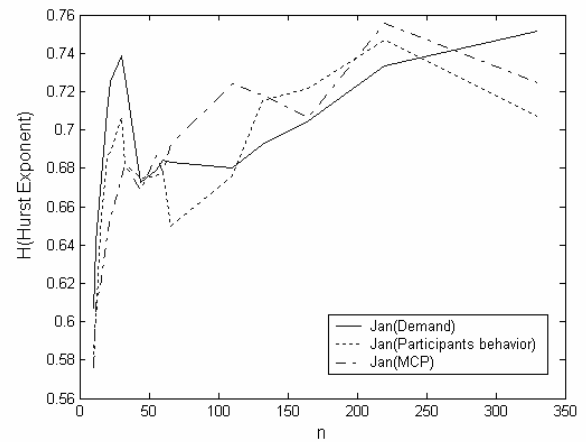
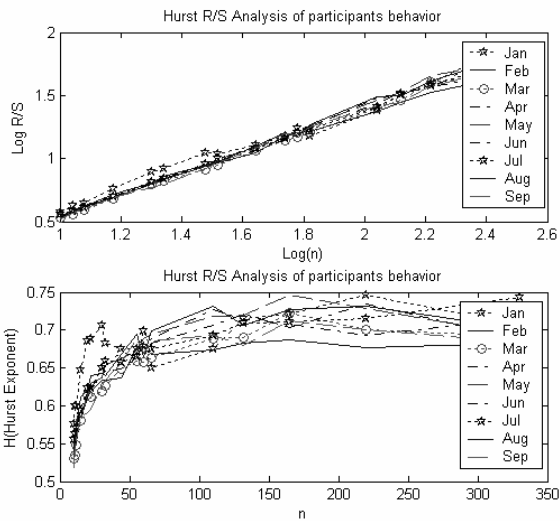
<sup>1</sup> - Hurst Exponent

<sup>2</sup> - Mean Orbital Period



شکل (۳): مقادیر  $\log(R/S)_n$  به ازای تغییرات  $\log(n)$  در ماه ژانویه سال ۲۰۰۴

شکل (۵): مقادیر  $\log(R/S)_n$  به ازای تغییرات  $\log(n)$  و مقادیر  $H$  به ازای تغییرات  $n$  قیمت برق در ۹ ماه اول سال ۲۰۰۴ میلادی



شکل (۴): مقادیر  $H$  به ازای تغییرات  $n$  در ماه ژانویه سال ۲۰۰۴

شکل (۶): مقادیر  $\log(R/S)_n$  به ازای تغییرات  $\log(n)$  و مقادیر  $H$  به ازای تغییرات  $n$  بخشی از قیمت برق که مربوط به رفتار شرکت کنندگان در ۹ ماه اول سال ۲۰۰۴ میلادی

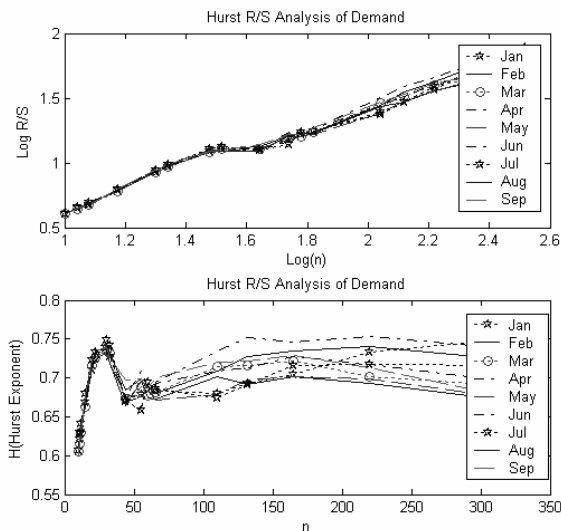
در شکل های ۵ ، ۶ و ۷ مقادیر  $\log(R/S)_n$  به ازای تغییرات  $\log(n)$  و مقادیر  $H$  به ازای تغییرات  $n$  برای ۹ ماه اول سال ۲۰۰۴ میلادی به ترتیب برای قیمت برق، بخشی از قیمت برق که مربوط به رفتار شرکت کنندگان و بخشی دیگر از قیمت که مربوط به میزان تقاضا است نشان داده شده است.

بر اساس نتایج به دست آمده از جدول ۱ و شکل‌ها، ملاحظه می‌گردد که بخشی از قیمت برق که مربوط به رفتار شرکت‌کنندگان در بازار می‌باشد برخلاف بخش دیگر که مربوط به تقاضا است به دلیل پایین بودن نمای هرست آن پیش‌بینی پذیری پایین‌تری دارد. بر این اساس و با توجه به تحقیق صورت گرفته ضمن بررسی پیش‌بینی پذیری قیمت برق از دیدگاهی کاملاً متفاوت، می‌توان به این موضوع اشاره کرد که قسمت اعظم کاهش دقت پیش‌بینی قیمت برق مربوط به استراتژی شرکت‌کنندگان در بازار می‌باشد. اهمیت این مطلب در بررسی و ایجاد مدل دقیق پیش‌بینی قیمت برق به خصوص در بازارهایی که مناقصه برق آن‌ها به مانند بازار برق ایران بصورت PAB می‌باشد، نمایان می‌شود.

به کمک بررسی صورت گرفته با استناد به مدلسازی مربوط به بخشی از قیمت برق که مربوط به میزان تقاضا می‌باشد، و با توجه به معیار هرست، جهت افزایش قابلیت مدل مورد نظر در پیش‌بینی قیمت برق بهتر است که به جای پیش‌بینی قیمت برق صرفاً از روی سیگنال آن، آنرا به دو قسمت عمده تفکیک کرده و برای هر قسمت مدلی مجزا و در عین حال با دقت بالا طراحی کرد. اهمیت این مسأله در کاهش میزان ریسکی است که در مدل پیش‌بینی قیمت لحاظ می‌شود. در این بین با استفاده از روش فوق و تفکیک قیمت برق به دو بخش رفتار شرکت‌کنندگان در بازار و میزان تقاضا، ضمن ایجاد مدلی دقیق‌تر از قبل برای شرکت‌کنندگان در بازار، از دیدگاه مجریان بازار جهت بررسی روند رقابتی بازار بگونه‌ای است که می‌توان روند بازار را تحت نظارت داشته و کیفیت عملکرد شرکت‌کنندگان در بازار را مورد مطالعه و ارزیابی قرار داد و در جهت رسیدن به فضای شفاف و عادلانه که فلسفه بازار رقابتی بر آن استوار است، گام برداشت.

#### ۴- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این مقاله مسأله پیش‌بینی پذیری قیمت برق در بازارهای انرژی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در این راستا به بررسی شاخص تحلیلی  $R/S$  جهت مقایسه فرآیندها از حیث پیش‌بینی



شکل (۷): مقادیر  $\log(R/S)_n$  به ازای تغییرات  $\log(n)$  و مقادیر  $H$  به ازای تغییرات  $n$  بخشی از قیمت که مربوط به تقاضا در ۹ ماه اول سال ۲۰۰۴ میلادی

در ادامه بررسی‌های صورت گرفته، مقدار بیشینه اول نمای هرست در ماه‌های مختلف محاسبه گردیده که نتایج حاصل در جدول ۱ آمده است.

جدول (۱) حداکثر مقدار نمای هرست

|           | $H_{Max}$<br>قیمت واقعی برق | $H_{Max}$<br>بخشی از قیمت که مربوط به رفتار شرکت‌کنندگان | $H_{Max}$<br>بخشی از قیمت که مربوط به میزان تقاضا |
|-----------|-----------------------------|--|---|
| January   | ۰/۶۸۱۸                      | ۰/۷۰۶۵   | ۰/۷۳۸۶  |
| February  | ۰/۶۷۶۹                      | ۰/۶۷۷۴   | ۰/۷۳۲۵  |
| March     | ۰/۶۹۲۸                      | ۰/۶۵۹۵   | ۰/۷۳۴۶  |
| April     | ۰/۶۸۸۰                      | ۰/۶۷۱۱   | ۰/۷۳۸۷  |
| May       | ۰/۷۱۴۲                      | ۰/۷۴۶۰   | ۰/۷۴۴۵  |
| June      | ۰/۷۰۴۹                      | ۰/۷۲۷۰   | ۰/۷۳۶۰  |
| July      | ۰/۷۱۸۷                      | ۰/۶۵۹۰   | ۰/۷۴۸۳  |
| August    | ۰/۷۰۲۳                      | ۰/۶۴۲۳   | ۰/۷۳۷۱  |
| September | ۰/۶۹۳۱                      | ۰/۶۸۸۴   | ۰/۷۳۹۲  |

کشورهایی مانند ایران که مناقصه بازار برق آنها بر اساس مناقصه *PAB* انجام می‌شود، وابسته به پیش‌بینی دقیق قیمت برق است لذا بکارگیری روشهای دقیق جهت پیش‌بینی قیمت از دیدگاه‌های مختلف شرکت‌کنندگان در بازار بسیار حائز اهمیت است. که بررسی فوق کمک شایانی در جهت کاهش خطا در مدل پیش‌بینی خواهد داشت.

## ۵- مراجع

- [1] Wang, A.; Ramsay, B.; "Prediction of system marginal price in UK power pool using neural networks," Proc. of IEEE International Conf. on Neural Networks 1997, Vol. 4, pp.2116-2120.
- [2] Hua, B.; and Lam, K.P. "Analysis and prediction for the growth enterprise market (GEM)," Proc. of ICMIT 2000, pp.36-40.
- [۳] امیر احمدی‌نژاد، حبیب رجیبی مشهدی و جواد ساده؛ "بررسی و تحلیل پیش‌بینی پذیری قیمت برق در بازارهای رقابتی انرژی الکتریکی"، کنفرانس *PSC2004*، تهران، ۱۳۸۳.
- [4] Rafal Weron, Beata Przybylowicz, "Hurst Analysis of electricity prices dynamics", Physics A 462-468, 2000.
- [۵] حمید خالوزاده، علی خاکی صدیق و کارو لوکس، "آیا قیمت سهام در بازار بورس تهران قابل پیش‌بینی است؟" کاربرد موردی تحلیل *R/S* برای سهام شهد-ایران"، مجله تحقیقات مالی، دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، شماره ۱۱ و ۱۲، تابستان و پاییز ۱۳۷۵.

پذیری در بازار رقابتی برق پرداخته شده است. با توجه به مطالعه‌ای که در خصوص بررسی پیش‌بینی پذیری قیمت برق در سال ۲۰۰۴ میلادی بازار *New England* و بررسی رفتار شرکت‌کنندگان در بازار بر مبنای تحلیل *R/S* و با استناد به مدل تقاضا، صورت گرفته شده است ملاحظه می‌شود که به دلیل عدم قطعیتی که در رفتار شرکت‌کنندگان ملاحظه می‌شود استفاده از مدل‌های پویا که رفتار شرکت‌کنندگان در بازار را نیز لحاظ کند نسبت به مدل‌های مبتنی بر رگرسیون که صرفاً به پیشینه سیگنال وابسته هستند، ضروری است. البته در این بین می‌توان از ترکیب مدل‌ها جهت رسیدن به مدل پیش‌بینی قیمت دقیق سود برد.

در این مقاله ایده تفکیک قیمت برق به دو بخش عمده که یکی وابسته به میزان تقاضای انرژی بوده و دیگری وابسته به رفتار شرکت‌کنندگان در بازار می‌باشد مطرح گردیده و به کمک تحلیل *R/S* پیش‌بینی پذیری هر یک از این بخشها مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است. همچنین مقایسه‌ای با پیش‌بینی پذیری سیگنال قیمت نیز انجام شده است. بر این اساس با توجه به رفتارهای متفاوت این دو بخش می‌توان برای بالا بردن دقت پیش‌بینی، مدل‌های متفاوتی را برای پیش‌بینی هر بخش استفاده نمود.

از آنجا که انتخاب استراتژی بهینه پیشنهاد قیمت به خصوص در